

Pembelajaran Berbasis Prinsip *Transformative Learning* untuk Memitigasi *Cognitive Laziness* dalam Penggunaan AI pada Mahasiswa Calon Guru Biologi Materi Bioetika

Mimi Halimah¹, Cita Tresnawati¹

¹ Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan, Jl. Tamansari No. 4-8, Bandung, Indonesia

Email: mimi@unpas.ac.id, cita@unpas.ac.id

ABSTRACT

The rapid adoption of generative artificial intelligence (AI) in higher education has raised concern about cognitive laziness, the tendency to offload thinking to AI tools without critical engagement. Rather than restricting AI use, this study examined whether an instructional session informed by Transformative Learning principles was associated with a change in pre-service biology teachers' self-reported cognitive laziness when using AI in the Bioethics topic of a Biotechnology course. A one-group pretest-posttest design was applied to 30 students of the Biology Education Study Program, FKIP Universitas Pasundan, selected through purposive sampling. The 150-minute intervention followed four stages adapted from Mezirow: a disorienting dilemma built on biased or contradictory AI answers to bioethical cases, critical reflection, reflective discourse with Socratic questioning, and action planning. Cognitive laziness was measured with a 25-item, five-dimension Likert scale (score range 25–125; Cronbach's $\alpha = 0.92$). The mean score decreased from 78.40 ($SD = 8.58$) to 52.60 ($SD = 7.20$), a mean difference of 25.80 points (95% CI [24.60, 27.00]); $t(29) = 44.02$, $p < .001$, Cohen's $d_{av} = 3.26$. All students reported lower scores at posttest, and most shifted from the moderate to the low category. Because the design had no control group and the posttest was administered immediately after a single session, the results reflect an immediate reduction in self-reported cognitive laziness rather than evidence of lasting behavioral change or perspective transformation. The findings suggest that positioning AI as an object of critical evaluation, rather than as a substitute for students' own thinking, is a promising direction for bioethics instruction that warrants controlled and longitudinal testing.

Keywords: AI literacy, bioethics, cognitive laziness, pre-service biology teachers, transformative learning

ABSTRAK

Pesatnya adopsi kecerdasan buatan (AI) generatif dalam pendidikan tinggi memunculkan kekhawatiran mengenai kemalasan kognitif (*cognitive laziness*), yaitu kecenderungan melimpahkan proses berpikir kepada AI tanpa keterlibatan kritis. Alih-alih membatasi penggunaan AI, penelitian ini menguji apakah pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* berasosiasi dengan perubahan kemalasan kognitif yang dilaporkan-diri (*self-reported*) oleh mahasiswa calon guru biologi dalam penggunaan AI pada materi Bioetika mata kuliah Bioteknologi. Desain *one-group pretest-posttest* diterapkan pada 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan yang dipilih secara *purposive sampling*. Intervensi berdurasi 150 menit dilaksanakan melalui empat tahap yang diadaptasi dari Mezirow, yaitu *disorienting dilemma* berupa jawaban AI yang bias atau kontradiktif terhadap kasus bioetika, refleksi kritis, wacana reflektif dengan pertanyaan Socratic, dan rencana tindakan. Kemalasan kognitif diukur dengan skala Likert 25 butir yang mencakup lima dimensi (rentang skor 25–125; Cronbach's $\alpha = 0.92$). Rata-rata skor menurun dari 78,40 ($SD = 8,58$) menjadi 52,60 ($SD = 7,20$), dengan selisih rata-rata 25,80 poin (95% CI [24,60; 27,00]); $t(29) = 44,02$; $p < 0,001$; Cohen's $d_{av} = 3,26$. Seluruh mahasiswa melaporkan skor yang lebih rendah pada *posttest*, dan sebagian besar bergeser dari kategori sedang ke kategori rendah. Karena desain tidak menggunakan kelompok kontrol dan *posttest* diberikan segera setelah satu sesi, hasil ini menunjukkan penurunan kemalasan kognitif yang dilaporkan-diri secara segera, bukan bukti perubahan perilaku yang menetap ataupun transformasi perspektif. Temuan ini mengindikasikan bahwa menempatkan AI sebagai objek evaluasi kritis, bukan sebagai pengganti proses berpikir mahasiswa, merupakan arah yang menjanjikan bagi pembelajaran bioetika dan perlu diuji lebih lanjut melalui desain terkontrol dan longitudinal.

Kata Kunci: bioetika, calon guru biologi, kemalasan kognitif, literasi AI, *transformative learning*

Cara sitasi: Halimah, M. & Tresnawati, C. (2026). Pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* untuk memitigasi *cognitive laziness* dalam penggunaan AI pada mahasiswa calon guru biologi di materi Bioetika. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(2), 251-259. DOI: <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v14i2.26962>

PENDAHULUAN

Perkembangan kecerdasan buatan (AI) generatif seperti ChatGPT telah membawa transformasi besar dalam ekosistem pendidikan tinggi, termasuk dalam penyediaan akses informasi, bantuan penulisan, dan personalisasi belajar (UNESCO, 2023; Zhang & Zhang, 2024). Di satu sisi, kehadiran AI memberikan banyak kemudahan bagi mahasiswa dalam menyelesaikan tugas akademik. Di sisi lain, kemudahan tersebut memunculkan kekhawatiran terkait menurunnya keterlibatan kognitif mahasiswa, ketika proses analisis dan pengambilan keputusan dilimpahkan kepada sistem AI tanpa dievaluasi kembali.

Fenomena ini dapat dipahami melalui konsep *cognitive offloading*, yaitu penggunaan tindakan fisik atau alat eksternal untuk mengurangi tuntutan kognitif suatu tugas (Risko & Gilbert, 2016). Pelimpahan kognitif pada dasarnya dapat bersifat adaptif; persoalan muncul ketika pelimpahan tersebut tidak disertai pemantauan metakognitif, yaitu kesadaran dan pengendalian individu terhadap proses berpikirnya sendiri (Flavell, 1979). Fan et al. (2025) menyebut gejala ini sebagai *metacognitive laziness*, yaitu berkurangnya aktivitas memantau dan mengevaluasi proses belajar ketika pelajar bergantung pada bantuan AI generatif. Kecenderungan ini diperkuat oleh *automation bias*, yakni kecenderungan mempercayai keluaran sistem otomatis secara berlebihan sehingga kekeliruan tidak terdeteksi (Parasuraman & Manzey, 2010; Goddard et al., 2012). Survei terhadap pekerja pengetahuan menunjukkan bahwa kepercayaan yang tinggi terhadap AI generatif berasosiasi dengan rendahnya keterlibatan berpikir kritis, sedangkan kepercayaan diri terhadap kemampuan sendiri berasosiasi dengan keterlibatan berpikir kritis yang lebih tinggi (Lee et al., 2025). Pada konteks pendidikan tinggi, Gerlich (2025) dan Zou et al. (2023) melaporkan asosiasi negatif antara ketergantungan pada AI dan kemampuan berpikir kritis mahasiswa, sementara Malik et al. (2023) mengungkap kekhawatiran mahasiswa sendiri terhadap menurunnya orisinalitas berpikir akibat ketergantungan pada AI dalam penulisan akademik. Karena sebagian besar temuan tersebut bersifat korelasional, persoalan utamanya bukanlah bahwa AI pasti menyebabkan kemalasan kognitif, melainkan bahwa pola interaksi mahasiswa dengan AI menentukan apakah AI mendukung atau justru menggantikan proses berpikir. Dalam penelitian ini, kemalasan kognitif (*cognitive laziness*) dalam penggunaan AI didefinisikan sebagai kecenderungan mahasiswa melimpahkan proses berpikir kepada AI generatif tanpa keterlibatan kritis.

Persoalan ini menjadi semakin krusial pada materi Bioetika dalam mata kuliah Bioteknologi, yang menuntut mahasiswa menganalisis dilema moral seputar isu kontroversial seperti rekayasa genetika, kloning, penyuntingan gen (*gene editing*), dan produk transgenik. Materi bioetika tidak cukup dipahami melalui jawaban instan, melainkan memerlukan penalaran moral, pertimbangan berbagai sudut pandang, serta argumentasi ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan (Chowning et al., 2012; Kumnuanek et al., 2022). Kemampuan mengevaluasi keluaran AI secara kritis dan memahami keterbatasannya juga merupakan bagian inti literasi AI (Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021). Bagi calon guru biologi, kemampuan ini memiliki arti ganda: mereka perlu menggunakan AI secara kritis untuk belajar, sekaligus kelak membimbing siswa menggunakan AI pada topik-topik sains. Jika mahasiswa terbiasa mengikuti jawaban AI atas dilema bioetika tanpa refleksi kritis, capaian pembelajaran berupa kemampuan bernalar etis berisiko tidak tercapai secara optimal.

Salah satu pendekatan yang berpotensi menjawab persoalan tersebut adalah *Transformative Learning*. Teori yang dikembangkan Mezirow (1991, 1997) ini menekankan refleksi kritis terhadap asumsi yang selama ini diyakini seseorang (*habits of mind*), sehingga individu dapat membentuk cara pandang yang lebih otonom dan kritis. Proses tersebut umumnya berlangsung melalui *disorienting dilemma*, refleksi kritis, wacana reflektif, dan perencanaan tindakan baru (Mezirow, 1997; Illeris, 2014). Berbeda dengan pendekatan konstruktivisme pada umumnya yang menekankan konstruksi pengetahuan baru dari pengalaman (Almulla, 2023), *Transformative Learning* menasar asumsi yang mendasari suatu kebiasaan. Dalam konteks penggunaan AI, asumsi tersebut antara lain keyakinan bahwa AI selalu benar, netral, atau lebih mengetahui daripada pengguna, yang secara konseptual

berkaitan dengan *automation bias* dan lemahnya pemantauan metakognitif (Parasuraman & Manzey, 2010; Tankelevitch et al., 2024).

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat tiga celah penelitian. Pertama, celah konseptual: sebagian besar kajian telah menggambarkan risiko AI terhadap keterlibatan kognitif (Fan et al., 2025; Gerlich, 2025; Lee et al., 2025), tetapi belum jelas mekanisme pedagogis apa yang dapat mengubah penggunaan AI dari *cognitive offloading* pasif menjadi keterlibatan reflektif. Kedua, celah empiris: kajian bibliometrik Henukh et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi pedagogis antara AI dan *transformative learning* masih kurang dieksplorasi dibandingkan aspek teknis AI, dan Rojo et al. (2023) mencatat bahwa penerapan teori Mezirow banyak dilaporkan pada pendidikan profesi kesehatan, sementara bukti intervensi pada pendidikan biologi, khususnya bioetika, masih terbatas. Ketiga, celah kontekstual: penelitian mengenai AI pada mahasiswa pendidikan biologi di Indonesia umumnya masih berfokus pada persepsi atau keterampilan berpikir kritis secara umum (Agustinasari, 2025), belum pada strategi pembelajaran yang menyasar kemalasan kognitif calon guru biologi dalam penggunaan AI. Kebaruan penelitian ini terletak pada posisi *Transformative Learning* yang digunakan bukan untuk melarang atau membatasi AI, melainkan untuk mengubah pola interaksi mahasiswa dengan AI melalui rangkaian *disorienting dilemma*, refleksi kritis, wacana reflektif, dan rencana tindakan, dengan AI ditempatkan sebagai objek evaluasi kritis dalam analisis kasus bioetika.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menguji perubahan kemalasan kognitif dalam penggunaan AI yang dilaporkan-diri oleh mahasiswa calon guru biologi segera setelah mengikuti pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* pada materi Bioetika. Tujuan tersebut dijabarkan ke dalam dua pertanyaan penelitian berikut.

1. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara skor kemalasan kognitif mahasiswa sebelum dan segera setelah pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning*?
2. Seberapa besar perubahan tersebut, dilihat dari ukuran efek dan pergeseran kategori kemalasan kognitif mahasiswa?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest* ($O_1 \times O_2$), yang dalam klasifikasi desain eksperimen termasuk desain pra-eksperimen karena tidak melibatkan kelompok pembandingan (Creswell, 2019; Sugiyono, 2021; Shadish et al., 2002). Desain ini dipilih karena mata kuliah Bioteknologi di lokasi penelitian hanya diselenggarakan dalam satu kelas sehingga tidak tersedia kelas paralel sebagai kelompok kontrol. Konsekuensinya, perubahan skor yang teramati tidak dapat diatribusikan secara kausal semata-mata kepada intervensi, karena dapat pula dipengaruhi oleh efek pengujian (*testing*), harapan responden, dan faktor lain di luar perlakuan (Shadish et al., 2002). Oleh karena itu, hasil penelitian ditafsirkan sebagai perubahan yang berasosiasi dengan intervensi, bukan sebagai bukti efektivitas kausal.

Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan, yang sedang memprogram mata kuliah Bioteknologi pada materi Bioetika. Sampel ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria mahasiswa telah menempuh materi dasar bioteknologi dan terbiasa menggunakan aplikasi AI generatif dalam mengerjakan tugas perkuliahan.

Data dikumpulkan menggunakan Skala Kemalasan Kognitif dalam Penggunaan AI, yaitu angket *self-report* berskala Likert lima pilihan (Sangat Sesuai sampai Sangat Tidak Sesuai) yang terdiri atas 25 butir. Skala mencakup lima dimensi dengan masing-masing lima butir (tiga butir *favorable* dan dua butir *unfavorable*), yaitu: (1) ketergantungan menjawab tugas tanpa verifikasi ulang, diadaptasi dari konsep *cognitive offloading* (Risko & Gilbert, 2016); (2) rendahnya refleksi kritis terhadap keluaran AI, diadaptasi dari konsep metakognisi dan *metacognitive laziness* (Flavell, 1979; Fan et al., 2025); (3) rendahnya usaha berpikir mandiri dan (4) kecenderungan menyalin gagasan AI tanpa modifikasi, keduanya diadaptasi dari Gerlich (2025); serta (5) kepercayaan berlebihan terhadap kebenaran jawaban AI, diadaptasi dari konsep *automation bias* (Parasuraman & Manzey, 2010; Goddard et al.,

2012). Butir *favorable* diskor 5 sampai 1, sedangkan butir *unfavorable* diskor terbalik (1 sampai 5), sehingga skor total berkisar 25–125 dan skor yang lebih tinggi menunjukkan kemalasan kognitif yang lebih tinggi. Skor total dikelompokkan ke dalam lima kategori: sangat rendah (25–45), rendah (46–65), sedang (66–85), tinggi (86–105), dan sangat tinggi (106–125).

Validitas isi instrumen ditetapkan melalui penilaian ahli oleh 3 validator, yaitu ahli pendidikan biologi, ahli bioetika dan ahli evaluasi pendidikan, yang menilai relevansi setiap butir terhadap dimensinya pada skala 1–5. Penilaian tersebut dianalisis menggunakan indeks Aiken's *V* (Aiken, 1985) dan menghasilkan nilai *V* berkisar $V > 0,80$ lebih besar dari pada nilai kritis $V \geq 0,92$ untuk 3 validator, sehingga seluruh butir dinyatakan valid. Reliabilitas konsistensi internal diestimasi menggunakan koefisien Cronbach's Alpha berdasarkan uji coba terhadap 10 mahasiswa di luar sampel penelitian dan diperoleh $\alpha = 0,92$. Validitas konstruk melalui analisis faktor belum dilakukan karena keterbatasan jumlah responden. Instrumen yang sama diberikan pada *pretest* dan *posttest*, dan setiap mahasiswa menggunakan kode responden yang sama agar data dapat dipasangkan.

Intervensi dalam penelitian ini adalah pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* (*Transformative Learning-informed instruction*). Istilah ini digunakan karena intervensi dirancang mengikuti tahapan Mezirow (1991, 1997), namun dilaksanakan dalam satu pertemuan berdurasi 3 × 50 menit (150 menit) sehingga penelitian ini tidak mengklaim telah terjadi transformasi perspektif yang mendalam. Pada 30 menit pertama, dosen menghadirkan *disorienting dilemma* berupa tiga kasus bioetika kontroversial (penyuntingan gen pada embrio manusia, kloning hewan peliharaan, dan padi transgenik) beserta dua versi jawaban AI generatif untuk setiap kasus yang bersifat bias, keliru secara faktual, atau saling bertentangan, sehingga mahasiswa terdorong mempertanyakan keyakinan awal mereka dan kepercayaan mereka terhadap AI. Pada 30 menit berikutnya, mahasiswa melakukan refleksi kritis secara individual, tanpa bantuan AI, melalui jurnal reflektif singkat yang menelaah asumsi pribadi mereka tentang AI dan kebiasaan menggunakannya untuk menentukan sikap etis. Selanjutnya, selama 45 menit dilaksanakan wacana reflektif melalui diskusi kelompok kecil (4–5 mahasiswa) dengan pertanyaan Socratic; jawaban AI hanya boleh dirujuk sebagai klaim yang diuji, dan setiap kelompok menyusun argumen orisinal yang memuat klaim, alasan, bukti biologis, prinsip bioetika, dan sanggahan. Sesi ditutup dalam 45 menit terakhir dengan penyusunan rencana tindakan, yaitu setiap mahasiswa merumuskan pedoman pribadi penggunaan AI yang etis dan bertanggung jawab, termasuk cara memverifikasi jawaban AI dan hal-hal yang tidak akan diserahkan kepada AI. *Pretest* diberikan sebelum intervensi, sedangkan *posttest* diberikan segera setelah keempat tahap selesai. Dengan demikian, hasil yang diukur adalah perubahan segera setelah intervensi (*immediate post-intervention change*) pada kemalasan kognitif yang dilaporkan-diri.

Data dianalisis secara deskriptif (rata-rata, simpangan baku, skor minimum, dan skor maksimum) dan inferensial. Asumsi normalitas diuji dengan uji Shapiro-Wilk pada skor *pretest*, *posttest*, dan selisih skor berpasangan, karena uji-t berpasangan mensyaratkan distribusi selisih yang normal. Perbedaan skor *pretest* dan *posttest* diuji dengan uji-t berpasangan (*paired sample t-test*) pada taraf signifikansi 0,05, dan dilaporkan beserta nilai *t*, derajat kebebasan (*df*), nilai *p*, serta interval kepercayaan 95% (95% CI) bagi selisih rata-rata. Besarnya perubahan dinyatakan dengan ukuran efek Cohen's d_{av} , yaitu selisih rata-rata dibagi rata-rata simpangan baku *pretest* dan *posttest*, yang dipilih karena dapat dibandingkan dengan ukuran efek dari desain kelompok independen; nilai Cohen's d_z (selisih rata-rata dibagi simpangan baku selisih) turut dilaporkan sebagai pelengkap (Lakens, 2013). Interpretasi ukuran efek mengacu pada Cohen (1988), yaitu kecil (0,2), sedang (0,5), dan besar (0,8). Selain itu, dilaporkan persentase penurunan skor rata-rata dan pergeseran kategori kemalasan kognitif antara *pretest* dan *posttest*. Sebagai pemeriksaan ketahanan hasil, uji Wilcoxon *signed-rank* juga dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik deskriptif skor kemalasan kognitif mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor Kemalasan Kognitif *Pretest* dan *Posttest*

Statistik	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Jumlah mahasiswa (<i>N</i>)	30	30
Rata-rata (<i>M</i>)	78,40	52,60
Simpangan baku (<i>SD</i>)	8,58	7,20
Skor minimum	61	38
Skor maksimum	94	70
Rata-rata per butir (skala 1–5)	3,14	2,10
Shapiro-Wilk <i>W</i> (<i>p</i>)	0,969 (0,511)	0,946 (0,130)

Catatan. Rentang skor yang mungkin adalah 25–125; skor lebih tinggi menunjukkan kemalasan kognitif lebih tinggi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata skor kemalasan kognitif menurun dari 78,40 pada *pretest* menjadi 52,60 pada *posttest*. Dalam satuan butir, rata-rata respons mahasiswa bergeser dari 3,14 (setara dengan pilihan "Kurang Sesuai") menjadi 2,10 (setara dengan pilihan "Tidak Sesuai"). Uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa skor *pretest*, skor *posttest*, dan selisih skor berpasangan ($W = 0,941$; $p = 0,098$) berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga analisis dilanjutkan dengan uji-t berpasangan. Hasil uji inferensial dan ukuran efek disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji-t Berpasangan dan Ukuran Efek Skor Kemalasan Kognitif

Statistik	Nilai
<i>Pretest</i> , <i>M</i> (<i>SD</i>)	78,40 (8,58)
<i>Posttest</i> , <i>M</i> (<i>SD</i>)	52,60 (7,20)
Selisih rata-rata (<i>pretest</i> – <i>posttest</i>)	25,80
Simpangan baku selisih	3,21
95% CI selisih rata-rata	[24,60; 27,00]
<i>T</i>	44,02
<i>Df</i>	29
<i>p</i> (dua arah)	< 0,001
Cohen's d_{av} [95% CI <i>bootstrap</i>]	3,26 [2,63; 4,47]
Cohen's d_z	8,04
Korelasi <i>pretest</i> – <i>posttest</i> (<i>r</i>)	0,93
Persentase penurunan skor rata-rata	32,9%

Tabel 2 menunjukkan bahwa skor kemalasan kognitif pada *posttest* lebih rendah secara signifikan dibandingkan *pretest*, $t(29) = 44,02$; $p < 0,001$, dengan selisih rata-rata 25,80 poin (95% CI [24,60; 27,00]) atau penurunan sebesar 32,9%. Ukuran efek $d_{av} = 3,26$ jauh melampaui batas efek besar menurut Cohen (1988). Nilai d_z yang jauh lebih besar (8,04) terjadi karena selisih skor antarmahasiswa sangat seragam (simpangan baku selisih 3,21; korelasi *pretest*–*posttest* 0,93). Keseragaman tersebut tampak pula dari fakta bahwa seluruh 30 mahasiswa mengalami penurunan skor, dengan besar penurunan berkisar 18–33 poin. Uji Wilcoxon *signed-rank* memberikan kesimpulan yang sama ($p < 0,001$). Pergeseran kategori kemalasan kognitif disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sebaran Kategori Kemalasan Kognitif pada *Pretest* dan *Posttest*

Kategori	Rentang Skor	<i>Pretest f (%)</i>	<i>Posttest f (%)</i>	Perubahan <i>f</i>
Sangat tinggi	106–125	0 (0,0)	0 (0,0)	0
Tinggi	86–105	6 (20,0)	0 (0,0)	–6
Sedang	66–85	21 (70,0)	3 (10,0)	–18
Rendah	46–65	3 (10,0)	24 (80,0)	+21
Sangat rendah	25–45	0 (0,0)	3 (10,0)	+3
Jumlah		30 (100,0)	30 (100,0)	

Pada *pretest*, sebagian besar mahasiswa (70,0%) berada pada kategori sedang dan 20,0% pada kategori tinggi. Setelah intervensi, tidak ada lagi mahasiswa pada kategori tinggi, dan sebagian besar (80,0%) berada pada kategori rendah. Dengan demikian, secara deskriptif mahasiswa bergeser dari kondisi yang cenderung ragu-ragu terhadap pernyataan kemalasan kognitif menjadi cenderung menolak pernyataan tersebut sebagai gambaran dirinya.

Temuan ini menunjukkan perubahan yang konsisten dengan tujuan intervensi, namun perlu ditafsirkan sebagai asosiasi dan bukan pembuktian efektivitas kausal. Pola hasil ini sejalan dengan pandangan Fan et al. (2025) bahwa *metacognitive laziness* dalam penggunaan AI generatif lebih tepat ditangani melalui dukungan refleksi dan pemantauan diri daripada pelarangan AI, serta dengan temuan Gerlich (2025) dan Zou et al. (2023) bahwa dampak AI terhadap berpikir kritis bergantung pada cara AI digunakan. Namun, alih-alih sekadar menyatakan kesesuaian dengan penelitian terdahulu, bagian berikut menganalisis mekanisme yang mungkin menjelaskan perubahan tersebut dan penjelasan alternatif yang perlu dipertimbangkan.

Secara konseptual, setiap tahap intervensi menyasar dimensi kemalasan kognitif yang berbeda. Tahap *disorienting dilemma* menghadirkan pengalaman langsung bahwa AI dapat memberikan jawaban yang keliru secara faktual (misalnya tentang asal sel domba Dolly) atau saling bertentangan untuk pertanyaan yang sama. Pengalaman ini secara langsung menantang dimensi kepercayaan berlebihan terhadap AI, yang dalam literatur *automation bias* diketahui dapat dikurangi ketika pengguna menyadari bahwa sistem otomatis dapat keliru (Parasuraman & Manzey, 2010; Goddard et al., 2012). Hal ini relevan dengan temuan Lee et al. (2025) bahwa kepercayaan yang tinggi terhadap AI berasosiasi dengan rendahnya keterlibatan berpikir kritis, sehingga kalibrasi ulang kepercayaan terhadap AI dapat menjadi titik masuk untuk mengaktifkan kembali proses berpikir kritis. Tahap refleksi kritis, yang dikerjakan tanpa bantuan AI, meminta mahasiswa mengidentifikasi asumsi mereka tentang AI dan bagian proses berpikir yang paling sering mereka serahkan kepada AI. Tahap ini melatih pemantauan metakognitif (Flavell, 1979) yang menjadi inti dimensi refleksi kritis dan verifikasi, sesuai dengan argumen Tankelevitch et al. (2024) bahwa penggunaan AI generatif menuntut kemampuan metakognitif untuk memantau dan mengevaluasi keluarannya.

Tahap wacana reflektif menambahkan akuntabilitas sosial: aturan bahwa jawaban AI hanya boleh dirujuk sebagai klaim yang diuji dan kewajiban menyusun argumen dengan alasan, bukti biologis, prinsip bioetika, dan sanggahan membuat penalaran mandiri menjadi bagian yang terlihat dan dinilai oleh anggota kelompok lain. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa kasus bioetika kontroversial merupakan wahana yang sesuai untuk melatih penalaran moral dan argumentasi ilmiah (Chowning et al., 2012; Kumnuanek et al., 2022), dan secara khusus menyasar dimensi rendahnya usaha berpikir mandiri serta kecenderungan menyalin. Tahap rencana tindakan menerjemahkan kesadaran tersebut menjadi komitmen perilaku yang spesifik. Perumusan rencana "jika–maka" yang konkret diketahui dapat meningkatkan kemungkinan niat diwujudkan menjadi tindakan (Gollwitzer, 1999), dan dalam konteks calon guru, tahap ini juga menghubungkan penggunaan AI dengan identitas profesional mereka sebagai pendidik (Illeris, 2014; Zhang & Zhang, 2024).

Meskipun demikian, besarnya perubahan perlu ditafsirkan secara hati-hati. Ukuran efek $d_{av} = 3,26$ jauh lebih besar daripada ukuran efek yang lazim dilaporkan untuk intervensi pendidikan, dan penurunan skor yang sangat seragam pada seluruh mahasiswa menunjukkan adanya pergeseran

respons di tingkat kelompok. Beberapa penjelasan alternatif perlu dipertimbangkan. Pertama, efek pengujian (*testing effect*): mahasiswa mengisi angket yang sama dua kali dalam rentang waktu yang singkat, sehingga pengisian *pretest* dapat memengaruhi respons *posttest* (Shadish et al., 2002). Kedua, bias keinginan sosial dan efek harapan: intervensi secara eksplisit memproblematisasi penggunaan AI yang tidak kritis, lalu *posttest* diberikan segera sesudahnya oleh pihak yang sama, sehingga mahasiswa mungkin cenderung memberikan jawaban yang sesuai dengan pesan pembelajaran (Podsakoff et al., 2003). Ketiga, sebagian besar butir menanyakan kebiasaan (misalnya "Saya langsung menggunakan jawaban AI untuk tugas tanpa memeriksanya kembali"), sedangkan kebiasaan penggunaan AI dalam mengerjakan tugas tidak mungkin berubah dalam 150 menit. Oleh karena itu, skor *posttest* lebih tepat dimaknai sebagai perubahan penilaian diri, kesadaran, dan niat mahasiswa dalam menggunakan AI, bukan perubahan perilaku aktual. Perubahan kesadaran tersebut tetap bermakna sebagai langkah awal perubahan pola interaksi dengan AI, namun belum dapat dianggap sebagai bukti terjadinya transformasi perspektif dalam pengertian Mezirow maupun perubahan kebiasaan yang menetap.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, kontribusi utama penelitian ini terletak pada rancangan pedagogis yang ditawarkannya. Kajian Henukh et al. (2025) menyoroti terbatasnya penelitian yang memadukan *Transformative Learning* dengan konteks penggunaan AI; penelitian ini menunjukkan satu bentuk integrasi konkret pada materi bioetika, yaitu dengan menjadikan keluaran AI sebagai bahan yang dikritisi, bukan sumber jawaban yang diterima. Pendekatan ini berbeda dari kebijakan pembatasan teknis AI, dan sejalan dengan pandangan bahwa literasi AI mencakup kemampuan mengevaluasi keluaran AI secara kritis (Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021). Temuan ini menunjukkan potensi pendekatan tersebut, yang perlu dikonfirmasi melalui desain yang lebih kuat.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol tidak dapat memisahkan pengaruh intervensi dari efek pengujian, efek harapan, dan faktor lain di luar perlakuan. Kedua, jumlah sampel yang relatif kecil (30 mahasiswa) dari satu program studi membatasi generalisasi temuan. Ketiga, intervensi hanya berlangsung satu kali pertemuan dan *posttest* diberikan segera sesudahnya, sehingga retensi dan dampak jangka panjang belum dapat diketahui. Keempat, kemalasan kognitif hanya diukur melalui angket *self-report*; perilaku aktual seperti kebiasaan memverifikasi keluaran AI dan kualitas argumentasi etis mahasiswa tidak diukur secara langsung, meskipun jurnal reflektif dan lembar argumen kelompok tersedia sebagai data potensial. Kelima, validitas konstruk instrumen belum diuji melalui analisis faktor.

KESIMPULAN

Pembelajaran berbasis prinsip *Transformative Learning* pada materi Bioetika mata kuliah Bioteknologi berasosiasi dengan penurunan skor kemalasan kognitif dalam penggunaan AI yang dilaporkan-diri oleh mahasiswa calon guru biologi segera setelah intervensi. Rata-rata skor menurun dari 78,40 menjadi 52,60 ($t(29) = 44,02$; $p < 0,001$; $d_{av} = 3,26$), dan sebagian besar mahasiswa bergeser dari kategori sedang ke kategori rendah. Karena penelitian menggunakan desain tanpa kelompok kontrol, satu sesi intervensi, dan ukuran *self-report* yang diberikan segera setelah perlakuan, temuan ini belum dapat dimaknai sebagai bukti perubahan perilaku atau transformasi perspektif yang menetap. Kontribusi penelitian ini bukan pada gagasan bahwa penggunaan AI harus dibatasi, melainkan bahwa AI perlu ditempatkan sebagai objek evaluasi kritis dan bukan sebagai pengganti proses berpikir mahasiswa.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain *nonequivalent control group pretest-posttest* atau desain eksperimen acak untuk memperkuat validitas internal, menambahkan *delayed posttest* untuk mengukur retensi, serta melengkapi angket *self-report* dengan ukuran perilaku, misalnya analisis jurnal reflektif, penilaian kualitas argumentasi etis dengan rubrik, atau observasi praktik verifikasi keluaran AI saat mengerjakan tugas. Pengujian validitas konstruk instrumen melalui

analisis faktor konfirmatori pada sampel yang lebih besar dan lintas perguruan tinggi juga diperlukan. Bagi dosen pengampu mata kuliah Bioteknologi, kegiatan menganalisis dan mengoreksi jawaban AI atas kasus bioetika dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran sebagai bagian dari pengembangan literasi AI calon guru biologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan dosen Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan, atas dukungan fasilitas dan izin penelitian, serta kepada 30 mahasiswa peserta mata kuliah Bioteknologi yang telah berpartisipasi secara aktif dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinasari, A. (2025). Transformasi proses belajar dengan AI: Implikasi pada keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *DIKSI: Jurnal Kajian Pendidikan dan Sosial*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.53299/diksi.v6i1.1312>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Almulla, M. A. (2023). Constructivism learning theory: A paradigm for students' critical thinking, creativity, and problem solving to affect academic performance in higher education. *Cogent Education*, 10(1), 2172929. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2172929>
- Chowning, J. T., Griswold, J. C., Kovarik, D. N., & Collins, L. J. (2012). Fostering critical thinking, reasoning, and argumentation skills through bioethics education. *PLoS ONE*, 7(5), e36791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036791>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W. (2019). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Nusa Media.
- Fan, Y., Tang, L., Le, H., Shen, K., Tan, S., Zhao, Y., Shen, Y., Li, X., & Gašević, D. (2025). Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*, 56(2), 489–530. <https://doi.org/10.1111/bjet.13544>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.3390/soc15010006>
- Goddard, K., Roudsari, A., & Wyatt, J. C. (2012). Automation bias: A systematic review of frequency, effect mediators, and mitigators. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(1), 121–127. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000089>
- Gollwitzer, P. M. (1999). Implementation intentions: Strong effects of simple plans. *American Psychologist*, 54(7), 493–503. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.54.7.493>
- Henukh, A., Irvani, A. I., Setiawan, A., Seme, E. M., & Lumban Raja, N. R. (2025). AI and transformative learning in higher education: A systematic literature review and bibliometric insights. *Journal of Teaching and Learning*, 19(4), 233–260. <https://doi.org/10.22329/jtl.v19i4.10096>
- Illeris, K. (2014). Transformative learning and identity. *Journal of Transformative Education*, 12(2), 148–163. <https://doi.org/10.1177/1541344614548423>

- Kumnuanek, O., Aranyawat, U., & Pongsopon, P. (2022). Study of students' moral reasoning on modern biotechnology applications using bioethics for informed decision modules. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 511–524. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.134>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for *t*-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lee, H.-P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R., & Wilson, N. (2025). The impact of generative AI on critical thinking: Self-reported reductions in cognitive effort and confidence effects from a survey of knowledge workers. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Article 1121, pp. 1–22). ACM. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713778>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). ACM. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Malik, A. R., Pratiwi, Y., Andajani, K., Numertayasa, I. W., Suharti, S., & Darwis, A. (2023). Exploring artificial intelligence in academic essay: Higher education student's perspective. *International Journal of Educational Research Open*, 5, 100296. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100296>
- Mezirow, J. (1991). *Transformative dimensions of adult learning*. Jossey-Bass.
- Mezirow, J. (1997). Transformative learning: Theory to practice. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 1997(74), 5–12. <https://doi.org/10.1002/ace.7401>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, 52(3), 381–410. <https://doi.org/10.1177/0018720810376055>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(9), 676–688. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002>
- Rojo, J., Ramjan, L., George, A., Hunt, L., Heaton, L., Kaur, A., & Salamonson, Y. (2023). Applying Mezirow's Transformative Learning Theory into nursing and health professional education programs: A scoping review. *Teaching and Learning in Nursing*, 18(1), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2022.09.013>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Tankelevitch, L., Kewenig, V., Simkute, A., Scott, A. E., Sarkar, A., Sellen, A., & Rintel, S. (2024). The metacognitive demands and opportunities of generative AI. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–24). ACM. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642902>
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO Publishing.
- Zhang, J., & Zhang, Z. (2024). AI in teacher education: Unlocking new dimensions in teaching support, inclusive learning, and digital literacy. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(4), 1871–1885. <https://doi.org/10.1111/jcal.12988>
- Zou, X., Su, P., Li, L., & Fu, P. (2023). AI-generated content tools and students' critical thinking: Insights from a Chinese university. *IFLA Journal*, 50(2), 228–241. <https://doi.org/10.1177/03400352231214963>